



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類6 H01L 21/027, G21K 5/02, 5/08, G03F 7/20, H05G 2/00, H01J 35/22</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO00/19496</p> <p>(43) 国際公開日 2000年4月6日(06.04.00)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/04338</p> <p>(22) 国際出願日 1998年9月28日(28.09.98)</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 日立製作所(HITACHI, LTD.)[JP/JP] 〒101-8010 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および</p> <p>(75) 発明者 / 出願人 (米国についてののみ) 松井哲也(MATSUI, Tetsuya)[JP/JP] 〒316-0032 茨城県日立市西成沢町三丁目12番6-2号 Ibaraki, (JP)</p> <p>粉川信好(KOGAWA, Nobuyoshi)[JP/JP] 〒311-4144 茨城県水戸市開江町628 Ibaraki, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 小川勝男(OGAWA, Katsuo) 〒100-8220 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 株式会社 日立製作所内 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>
<p>(54)Title: LASER PLASMA X-RAY GENERATOR, SEMICONDUCTOR ALIGNER HAVING THE GENERATOR, AND SEMICONDUCTOR EXPOSURE METHOD</p> <p>(54)発明の名称 レーザプラズマX線発生装置およびそれを用いた半導体露光装置並びに半導体露光方法</p> <div data-bbox="535 1260 1120 1638"> </div> <p>(57) Abstract</p> <p>A laser plasma X-ray generator which has a high X-ray conversion efficiency and produces little debris, a semiconductor aligner using the generator and a semiconductor exposure method are disclosed. In the laser plasma X-ray generator, the target to be irradiated with a laser beam is a metal oxide. The semiconductor aligner comprising such a laser plasma X-ray generator is characterized by further comprising a collecting mirror which directs X-rays generated by the plasma X-ray generator to a mask, and an X-ray convergence exposure mirror which converges the X-rays reflected by the mask and projects the X-rays onto a semiconductor wafer. In the semiconductor exposure method, X-rays generated by a laser plasma X-ray generator where the target is a metal oxide are collected, applied to a mask, and reflected by the mask, the reflected X-rays are converged, and a semiconductor mask pattern is projected onto a semiconductor wafer to expose it.</p>		

(57)要約

本発明は、X線変換効率が高く、デブリの発生が少ないレーザプラズマX線発生装置およびそれを用いた半導体露光装置並びに半導体露光方法を提供することを目的とする。

上記目的を達成するための本発明による手段は、レーザ光線を照射する対象であるターゲットとして、金属酸化物を用いたレーザプラズマX線発生装置であり、そのレーザプラズマX線発生装置を用いた半導体露光装置にあっては、レーザプラズマX線発生装置と、前記レーザプラズマX線発生装置で発生したX線をマスクに導く集光ミラーと、前記マスクで反射したX線を縮小して半導体ウェハに投影するX線縮小露光ミラーとを備えることを特徴とする半導体露光装置であり、ターゲットを金属酸化物としたレーザプラズマX線発生装置から発生したX線を集光してマスクに当てて反射させ、その反射X線を縮小して半導体のマスクパターンを半導体ウェハに投影して露光する半導体露光方法が実施される。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	セントヒンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロベニア
AZ	アゼルバイジャン	GB	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GD	グレナダ	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GE	グルジア	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GH	ガーナ	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GM	ガンビア	MA	モロッコ	TD	チャド
BG	ブルガリア	GN	ギニア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GW	ギニア・ビサウ	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BY	ベラルーシ	HR	クロアチア	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HU	ハンガリー		共和国	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	ID	インドネシア	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	IE	アイルランド	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CH	スイス	IL	イスラエル	MR	モリタニア	UG	ウガンダ
CI	コートジボアール	IN	インド	MW	マラウイ	US	米国
CM	カメルーン	IS	アイスランド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IT	イタリア	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	JP	日本	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CU	キューバ	KE	ケニア	NO	ノルウェー	ZA	南アフリカ共和国
CY	キプロス	KG	キルギスタン	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CZ	チェコ	KP	北朝鮮	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KR	韓国	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク			RO	ルーマニア		

明 細 書

レーザプラズマ X 線発生装置およびそれを用
いた半導体露光装置並びに半導体露光方法

技術分野

本発明は、レーザ光をターゲットに照射してプラズマを生成し、そのプラズマから X 線を発生させるレーザプラズマ X 線発生装置と、そのレーザプラズマ X 線発生装置を用いた半導体露光装置並びに半導体露光方法に関する。

背景技術

半導体露光装置では、X 線発生装置から発生した X 線を集光してマスクに当てて反射させ、その反射 X 線を縮小して半導体のマスクパターンを半導体ウェハに投影する半導体露光方法が実施されている。

X 線発生装置には、電子線照射型 X 線発生装置とレーザプラズマ X 線発生装置とが知られている。

電子線照射型 X 線発生装置の X 線放出メカニズムは、一個の照射電子がターゲット元素の内殻電子 1 個を弾き飛ばした際に内殻電子が遷移し X 線を放出するというもので、X 線波長帯が数 keV ～数 MeV である。

このような、電子線照射型 X 線発生装置は、特開昭 58-204451 号公報や特開平 2-267843 号公報や特開平 2-309597 号公報に掲載されている。

一方、レーザプラズマ X 線発生装置の X 線放出メカニズムは、レーザによりターゲットがプラズマ化され（多数の電子が弾き飛ばされ、）、多価イオンが形成されて、それが電子と再結合する過程で X 線を放出するというもので、X 線波長帯が数 10 eV ～数 keV である。

これら、電子線照射型X線発生装置からのX線とレーザプラズマX線発生装置からのX線とを比較すると、X線の輝度が電子線照射型X線発生装置からのX線では低く、レーザプラズマX線発生装置からのX線では高い。レーザプラズマX線発生装置からのX線のX線輝度は電子線照射型X線発生装置からのX線の輝度に対してピーク値で 10^8 倍にもなる。

半導体露光装置では、露光時間を短くする事や、露光不足が発生しない様にするという観点で、X線の輝度が高い方が有利である。

そのために、電子線照射型X線発生装置からのX線よりも、レーザプラズマX線発生装置からのX線を用いる事が半導体露光の技術分野では有利である。

レーザプラズマX線発生装置を開示する従来例としては、以下のものが存在する。

特開平6-281799号公報は、巻き取りされるテープ状の固体ターゲットにレーザ光を照射してX線を発生させることを記載する。

特開昭61-153935号公報は、滴下された液体金属にレーザ光を照射してX線を発生させることを記載する。

特開平2-100297号公報は、レーザ光のスポット径よりも小さいピュレット状のターゲットにレーザ光を照射してX線を発生させることを記載する。

特願昭57-41167号公報は、固体化された希ガスや水の粒子にレーザ光を照射してX線を発生させることを記載する。

United States Patent No. 5577092は、真空容器中に加圧ガスを噴射し、噴射されたガス中でクラスターを形成させ、そこにレーザ光を照射してX線を発生させることを記載する。

特開平10-31099号公報は、金属微粒子を透明基板中に散在させたターゲットを用いてX線を発生させることを記載する。

レーザ光をターゲットに照射してX線を発生させる技術や、X線を利用する半導体露光装置では次のような課題が存在している。

レーザ光がターゲットに照射されると、ターゲット中の原子や分子は光学的に絶縁破壊（オプティカルブレイクダウン）してイオン化し、レーザプラズマが発生する。発生したレーザプラズマからX線が発生する。ターゲットの元素の種類や状態によって、オプティカルブレイクダウンに必要なレーザ光強度は異なる。レーザプラズマの電子温度や密度は、ターゲットに含まれる元素の種類、およびレーザの種類や条件によって異なるが、電子温度で数100 eV以上、電子密度で $10^{20} \sim 10^{22} / \text{cm}^3$ 程度のプラズマが発生する。発生するX線としては、レーザプラズマ中の電子の制動輻射、プラズマの再結合過程における自由-自由遷移や自由-束縛遷移の過程により、レーザプラズマから連続的なスペクトルのX線が放出され、また、プラズマの再結合過程における束縛-束縛遷移の過程により、特性X線が放出される。このとき得られるX線のスペクトルは、ターゲットに含まれる元素の種類や、レーザプラズマの電子温度や密度などによって決まる。

一方、レーザプラズマからX線を発生させ、発生したX線を半導体ウェハに導いて半導体ウェハに半導体装置パターンを露光する半導体装置露光装置などでは、発生したX線を集光する光学素子として、多層膜ミラーが用いられるが、このミラーで反射できる波長帯は極めて限定されている。例えば、図2にMo/Si多層膜ミラーの場合の反射率の波長依存性の一例を示すが、ここに示すように反射できる波長帯のバンド幅は、0.4~0.6 nmの極めて狭い波長幅である。また、その波長帯も

多層膜ミラーの材料によって制約されており、Mo/Si 多層膜ミラーの場合、中心波長が13～14 nmの間に限られている。したがって、このようなミラーを用いなければならない装置では、レーザプラズマから発生するX線もこのようなミラーの波長帯のX線強度が高いことが必要となる。すなわち、レーザ光強度を分母とし、利用可能な波長帯のX線強度を分子としたときに得られるX線変換率が高いことがレーザプラズマX線発生装置の必須の条件となる。

以上の条件に対し、従来技術のうち、まず、レーザ径よりも大きい塊状やテープ状などの固体および液体のターゲットでは、レーザ光の照射によって発生する熱が周辺に伝わり、ターゲットが溶融する。そしてレーザプラズマの発生に伴う膨張圧力で溶融したターゲットが飛散して、数10 μm のデブリとなる。デブリは、真空容器内の光学素子などに付着して損傷を与える。

固体および液体のターゲットをレーザ径よりも小さい粒子状にすれば、周囲に粒子がないからデブリも減少し、X線変換効率は固体および液体と変わらないが、粒子状のターゲットの1個1個をレーザ光の照射にタイミングをあわせて安定に供給することは難しく、安定してX線を発生させることも困難である。

希ガス等の化学的に安定な気体を水結させた粒子のターゲットは、溶融しても希ガス等の化学的に安定な気体になるので、デブリを発生しないが、供給することは難しく、安定してX線を発生させることも困難である。また、X線変換効率は金属ターゲットよりも低い。

一方、気体のターゲットでは、固体および液体のターゲットに比べて、周囲への熱伝導が小さく溶融が起こらないからデブリは少なく、連続して供給できるので安定してX線を発生させることができるが、X線変換

効率は固体および液体よりも低い。

更に、金属微粒子を透明基板中に散在させたターゲットではデブリが少ないことが報告されているが、X線変換率は金属単体より低く、また、連続的にターゲットを供給するのは困難である。

発明の開示

本発明の第1目的は、X線変換効率が高く、デブリの発生が少ないレーザープラズマX線発生装置を提供することにある、第2目的はそのレーザープラズマX線発生装置を用いた半導体露光装置を提供することにある、第3目的はそのレーザープラズマX線発生装置を用いた半導体露光方法を提供することにある。

本発明のレーザープラズマX線発生装置の特徴は、金属酸化物をターゲットとすることにある。この特徴によれば、金属酸化物固有の高いX線変換率が得られ、また、一般に金属酸化物の融点は、金属単体よりも高いので、溶融しにくく、デブリの発生を少なくすることができる。

本発明のレーザープラズマX線発生装置の他の特徴は、金属酸化物を微粒子とし、その金属酸化物微粒子の径をターゲットに照射されるレーザー光の径より小さくすることにある。この特徴によれば、プラズマ化可能領域により多くの粒子が存在するので、確実にプラズマ化でき、かつ、各金属酸化物微粒子間の熱伝導は小さく、レーザー照射部以外の微粒子の溶融が起こらないので、デブリの発生をより少なくすることができる。

本発明のレーザープラズマX線発生装置の他の特徴は、金属酸化物微粒子を、ガスとともに、レーザー光照射部に噴射することにある。この特徴によれば、粒子と気体とを混合したターゲットは噴射されて流体となり、レーザーパルスに対して常にターゲットが供給されるので、X線を安定に

発生させることができる。

また、本発明のレーザプラズマX線発生装置の他の特徴は、上記のように供給した微粒子、またはガスを回収して、再供給することにある。この特徴によれば、微粒子、またはガスを再利用できるので、運転コストを低減できる。

また、本発明のレーザプラズマX線発生装置の他の特徴は、金属酸化物は、固体または焼結体であり、それをロッド状として、真空容器の外から中へ連続的に供給し、かつ、レーザを照射された部分を真空容器の中から外へ連続的に引き出すことにある。この特徴によれば、連続的に固体または焼結体の金属酸化物を供給でき、かつ、X線変換率の高いレーザプラズマX線発生装置を構成できる。

また、本発明のレーザプラズマX線発生装置の他の特徴は、金属酸化物が粉体状であり、テープ状の基板に塗布して用いることにある。また、このとき、テープ状の基板に粉体状の金属酸化物を塗布する装置と、その金属酸化物が塗布されたテープを連続的にレーザ照射部に供給する装置を有することにある。この特徴によれば、連続的に金属酸化物を供給でき、かつ、X線変換率の高いレーザプラズマX線発生装置を構成できる。

本発明の半導体露光装置と半導体露光方法他の特徴は、金属酸化物をターゲットとした本発明のレーザプラズマX線発生装置を用い、そのレーザプラズマX線発生装置から発生してきたX線を集光ミラーがマスクに導き、X線縮小露光ミラーがマスクで反射したX線を縮小して半導体ウェハに投影することにある。この特徴によれば、レーザプラズマX線発生装置でデブリの発生が少ないので、半導体露光装置の集光ミラー、マスク、X線縮小露光ミラーなどのX線光学素子や真空隔壁の損傷を防

ることができる。また、レーザプラズマX線発生装置から安定に輝度が高いX線が供給されるので、露光が不足することがなく、露光時間を短くすることができる。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の第1の実施例であるレーザプラズマX線発生装置を用いた半導体露光装置の全体図である。

第2図は、Mo/Si多層膜ミラーの場合のX線反射率の波長依存性を示すグラフ図である。

第3図は、本発明の第1の実施例に採用されたレーザプラズマX線発生装置により得られたX線スペクトルを示すグラフ図。

第4図は、本発明の第2の実施例であるレーザプラズマX線発生装置を用いた半導体露光装置の全体図である。

第5図は、本発明の第3の実施例であるレーザプラズマX線発生装置の全体図である。

第6図は、本発明の第3の実施例によるレーザプラズマX線発生装置により得られたX線のX線スペクトルを示すグラフ図である。

第7図は、本発明の第4の実施例であるレーザプラズマX線発生装置の全体図である。

発明を実施するための最良の形態

発明者は、種々のターゲットについてレーザを照射し、レーザプラズマからのX線を測定した結果、金属酸化物が金属単体やガス単体に比べて、大きなX線変換率を有することを発見した。

以下で、金属酸化物を用いるX線発生装置およびそれを用いた半導体

露光装置の実施例について説明する。

本発明の第1の実施例であるレーザプラズマX線発生装置を用いた半導体露光装置を図1に示す。半導体露光装置は、X線を発生するレーザプラズマX線発生装置であるX線発生部100と、露光部200とから構成される。露光部200は、X線発生部100で発生したX線14をX線集光ミラー15でマスク16に導き、マスク16で反射したマスクパターンをX線縮小露光ミラー17で縮小してウェハ18（試料）に投影するものである。図2に、X線集光ミラー15、マスク16、およびX線縮小露光ミラー17に用いられる多層膜ミラーの反射率の一例として、Mo/Si多層膜ミラーの場合の反射率の波長依存性を示す。ここに示すように反射できる波長帯のバンド幅は、0.4 nm の極めて狭い波長幅であり、また、その中心波長は、このMo/Si多層膜ミラーの例の場合、中心波長が13.7 nm である。

次に、レーザプラズマX線発生装置であるX線発生部100を詳しく説明する。X線発生部100は、ターゲットの周りを取り囲む真空容器5、微粒子混合ガスをターゲットとして真空容器5内に供給するターゲット供給装置110、微粒子混合ガスターゲット10にレーザ光2を照射するレーザ照射装置120、および真空容器5内の微粒子混合ガスを回収するターゲット回収装置130から構成される。

ターゲット供給装置110は、レーザ集光径よりも小さい金属酸化物微粒子が充填された微粒子タンク6、ガスが充填されたガスボンベ7、微粒子タンク6から供給される金属酸化物微粒子と、ガスボンベ7から供給される希ガスとを混合する混合器8、および混合器8でつくられた微粒子混合ガスを真空容器5中に噴射する供給ノズル9を備える。但し、ガスを用いず微粒子タンク6と供給ノズル9のみで金属酸化物微粒子を

供給するようにしても良い。

ここで、用いる金属酸化物微粒子は、Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, In, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Tb, Ho, Ta, W, Pbのいずれか1つ以上の金属の酸化物であり、露光部200で用いられるX線集光ミラー15、マスク16、およびX線縮小露光ミラー17の多層膜ミラーの反射波長帯に適したX線ピークを持つものを選定するようにする。

レーザ照射装置120は、レーザ光2を発生するレーザ光発生器1、およびレーザ光2を収束する収束レンズ3を備える。レーザ光発生器1は、YAGレーザやエキシマレーザなどの、パルス幅が数10ns以下で、1パルスあたりの出力が数10mJから数10Jのレーザ光2を発生するものがよい。レーザ光2は、真空容器5中の微粒子混合ガスターゲット上で直径で数10～数100 μ mになるように収束レンズ3で収束される。レーザプラズマ11を発生させるために、微粒子混合ガスターゲット10上でのエネルギー密度は $10^{16} \sim 10^{22} \text{ W/m}^2$ 程度がよい。

ターゲット回収装置130は、真空容器5内に供給され、プラズマ化しなかったまたは定常状態に戻った金属酸化物微粒子およびガスを引き込む回収ダクト12、および回収器13を備える。

真空容器5内には、供給ノズル9の噴射口と回収ダクト12の回収口とが対向するように配置されている。レーザ照射装置120からのレーザ光2は、真空容器5の壁面に設けられたレーザ光透過窓4を透過して、供給ノズル9から噴射された微粒子混合ガス10に照射される。真空容器5内は、真空ポンプ（図示せず）によって低圧力に保たれている。例

えば、真空容器5中の圧力を 10^{-2} torr以下とし、供給ノズル9内の圧力を数気圧にすれば、微粒子混合ガス10は、噴出して流体の状態となる。そして、プラズマ化しなかったまたは定常状態に戻った微粒子混合ガス10は回収ダクト12に入り、真空容器5内から除去される。

微粒子混合ガスターゲット10に収束させたレーザ光2を照射すると、レーザ光2の強力な電場などにより、微粒子混合ガスターゲット10中の金属酸化物とガスは光学的に絶縁破壊(オプティカルブレイクダウン)をしてイオン化する。イオン化により発生した電子が、逆制動輻射などの過程によりレーザ光2のエネルギーを吸収して加熱され、微粒子混合ガスターゲット10のレーザ光2が貫く範囲に、高温高密度なレーザプラズマ11が形成される。

レーザプラズマ11の電子温度や密度は、微粒子混合ガスターゲット10に含まれる金属酸化物とガスの種類、およびレーザの種類や条件によって異なるが、電子温度で数100 eV以上、電子密度で $10^{20} \sim 10^{22} / \text{cm}^3$ 程度のプラズマが発生するとよい。

レーザプラズマ11中の電子の制動輻射、プラズマの再結合過程における自由-自由遷移や自由-束縛遷移の過程により、レーザプラズマ11から連続的なスペクトルのX線が放出され、また、プラズマの再結合過程における束縛-束縛遷移の過程により、特性X線が放出される。レーザプラズマ11から放出されたX線は隣接する露光部200で用いられる。

ここで、本実施例により得られたX線スペクトルを図3に示す。この例では、金属酸化物として SnO_2 の微粒子(粒径: 約10 nm)を用い、Arガス(ボンベガス圧: 7気圧)とともに供給ノズル9から噴射して、そこにレーザ光(出力: 700 mJ/パルス、パルス幅: 5 ns、

波長：1064 nm）をレンズ（焦点距離：200 mm）で集光して照射した。SnO₂微粒子を入れずに、O₂ガス、希ガス（Xe, Kr）のみを噴射した場合のスペクトルも合わせて示している。この図からわかるように、SnO₂微粒子+Arでは13.7 nmを中心とした強いピークがあるのに対して、Xe, Krのみでは、13～14 nmの領域ではX線強度が弱いことがわかる。したがって、Mo/Si多層膜ミラーを用いる場合においては、SnO₂微粒子+Arでは、Xe, Krのみの場合よりも、約2倍以上のX線変換率が得られている。ここで、SnO₂微粒子において13.7 nmを中心とした強いピークが得られる原因を考える。まず、O₂ガスが図3に示すように10～13 nmの間にいくつかのピークを持っており、一方、Sn自体は、図6に示すように13～16 nmにかけてブロードなピークを持っている。従って、SnO₂の場合では、O₂ガスで10～13 nmのピークを発する単位に励起されたエネルギーが、そのエネルギー近傍のSnのエネルギー単位に移行し、13.7 nmのピークを形成していると考えられる。

本実施例によれば、以下の効果が得られる。

本実施例では、金属酸化物微粒子とガスとを混合した微粒子混合ガスターゲットを用いることにより、多層膜ミラーの反射波長帯におけるX線変換効率が、希ガスターゲットよりも高い。

金属酸化物微粒子混合ガスターゲットは、金属酸化物の熱伝導が小さく、また、レーザ照射部以外の金属酸化物微粒子への熱伝導が極めて少ないので、レーザ照射部以外の金属酸化物微粒子の溶融が起こらず、デブリを少なくできる。

本実施例では、金属酸化物微粒子とガスとを混合したターゲットを真空容器5内に噴射し、噴射されて流体となったターゲットにレーザ光が

照射されるので、レーザパルスに対して常にターゲットが供給されるので、X線を安定に発生させることができる。

本実施例では、プラズマ化しなかったターゲットを回収するので、真空容器5内を低圧に保つことができ、発生したX線の吸収損失を防ぐことができる。

本発明の第2の実施例を図4により説明する。本実施例は、第1の実施例におけるターゲットの回収器13に金属酸化物微粒子とガスを分離する分離器30を設け、回収器13で回収したターゲットの内、ガスと金属酸化物微粒子とを分離器30で分離して回収し、分離後の金属酸化物微粒子は元の微粒子タンク6へ及び分離後のガスはガスポンプ7に戻してリサイクルするようにしたものである。その他の内容は本発明の第1の実施例と同様である。

よって、本実施例によれば、第1の実施例の効果に加えて、装置メンテナンスが低減でき、また、ランニングコストが低減できるという効果がある。

本発明の第3の実施例を図5により説明する。本実施例は、金属酸化物を固体または焼結体としたものをターゲットとして用いる。図5においては、金属酸化物の固体または焼結体をロッド状ターゲット23として、ロッド挿入器24により、真空容器5へ連続的に挿入し、レーザ照射されたロッド状ターゲット23を真空容器外へ取り出すようにしたものである。

このように金属酸化物を固体または焼結体とした場合に得られたX線スペクトルを図6に示す。この例では、金属酸化物として SnO_2 固体を用いて、そこにレーザ光（出力：700 mJ／パルス、パルス幅：5 ns、波長：1064 nm）をレンズ（焦点距離：200 mm）で集光し

て照射した。比較のために、金属単体(Sn, Au, Ni)のみの場合のスペクトルも合わせて示している。この図からわかるように、SnO₂固体では、図3の場合と同様に13.7nmを中心とした強いピークがあるのに対して、金属単体のみでは、X線強度が弱いことがわかる。したがって、Mo/Si多層膜ミラーを用いる場合においては、SnO₂固体では、Sn, Au, Ni金属単体の場合よりも、約3倍以上のX線変換率が得られている。

このように得られたX線は本発明の第1実施例の露光部200内に導入されて、本発明の第1実施例と同様に半導体のウェハ18へのマスクパターンの投影に用いられる

なお、本発明の第1の実施例と同様に、ここで、用いる金属酸化物微粒子は、Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, In, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Tb, Ho, Ta, W, Pbのいずれか1つ以上の金属の酸化物であり、露光部200で用いられるX線集光ミラー15、マスク16、およびX線縮小露光ミラー17の多層膜ミラーの反射波長帯に適したX線ピークを持つものを選定するようにする。その他の内容は、本発明の第1実施例と同様である。

本実施例によれば、以下の効果が得られる。

本実施例では、金属酸化物固体を用いることにより、多層膜ミラーの反射波長帯におけるX線変換効率が、金属単体ターゲットよりも高い。

金属酸化物固体は、金属酸化物自身の熱伝導が小さいので、レーザ照射部以外の金属微粒子溶融が少なく、デブリを低減できる。

本実施例では、金属酸化物固体を真空容器5内に連続的に供給できるので、X線を安定に発生させることができる。

本発明の第4の実施例を図7により説明する。本実施例は、金属酸化物を粉体状とし、テープ状の基板に塗布して用いる。図7において、金属酸化物塗布装置28により、テープ状ターゲット25の表面に粉体状の金属酸化物を塗布する。塗布の方法は、粉体状の金属酸化物を溶剤に分散させ、それをスプレーで塗布する方法や粉体状の金属酸化物を溶剤に分散させたその溶剤中にテープ状ターゲット25を浸して塗布する方法が適用できる。塗布後に、乾燥する手段を金属酸化物塗布装置28に組み込んでも良い。粉体状の金属酸化物を塗布されたテープ状ターゲット25は、テープ挿入器26や、ロール27から構成されるテープ状ターゲット供給再生系140により、レーザ照射部に供給され、レーザ照射後に、また、金属酸化物塗布装置28で再塗布されて、連続的に使用される。得られるX線スペクトルは図6と同様であり、Mo/Si多層膜ミラーを用いる場合においては、SnO₂ 固体では、Sn, Au, Fe, Ni 金属単体の場合よりも、約3倍以上のX線変換率が得られる。

このように得られたX線は本発明の第1実施例の露光部200内に導入されて、本発明の第1実施例と同様に半導体のウェハ18へのマスクパターンの投影に用いられる

なお、ここで、用いる金属酸化物微粒子は、Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, In, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Tb, Ho, Ta, W, Pbのいずれか1つ以上の金属の酸化物であり、露光部200で用いられるX線集光ミラー15, マスク16、およびX線縮小露光ミラー17の多層膜ミラーの反射波長帯に適したX線ピークを持つものを選定するようにする。その他の内容は本発明の第1実施例と同様である。

本実施例によれば、以下の効果が得られる。

本実施例では、金属酸化物粉体を表面に塗布したテープ状ターゲットを用いることにより、多層膜ミラーの反射波長帯におけるX線変換効率が、金属単体ターゲットよりも高い。

金属酸化物粉体は、金属酸化物自身の熱伝導が小さいので、レーザー照射部以外の金属微粒子溶融が少なく、デブリを低減できる。

本実施例では、金属酸化物粉体を表面に塗布したテープ状ターゲットを真空容器5内に連続的に供給できるので、X線を安定に発生させることができる。

本発明のいずれの実施例であっても、以下の効果が得られる。

レーザープラズマX線発生装置に用いられるターゲットとして金属酸化物を用いることにより、露光部に用いられている多層膜ミラーの反射波長帯におけるX線変換効率が、従来知られていた希ガスや金属単体のターゲットよりも高い。

更には、その金属酸化物は熱伝導が小さく、レーザー照射部以外の金属酸化物の溶融が起こりにくくて、デブリを低減できる。

請 求 の 範 囲

1. レーザ光をターゲットに照射してプラズマを生成し、そのプラズマからX線を発生させるレーザプラズマX線発生装置において、

前記ターゲットは金属酸化物であることを特徴とするレーザプラズマX線発生装置。

2. 前記金属酸化物は、Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, In, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Tb, Ho, Ta, W, Pbのいずれか1つ以上の金属の酸化物であることを特徴とする請求項1のレーザプラズマX線発生装置。

3. 前記金属酸化物は、前記金属酸化物に照射されるレーザ光の径より小さい微粒子であることを特徴とする請求項1のレーザプラズマX線発生装置。

4. 前記金属酸化物微粒子は、ガスとともに、前記レーザ光照射部に噴射されることを特徴とする請求項3のレーザプラズマX線発生装置。

5. 請求項3において、前記金属酸化物を真空容器内に噴射するターゲット供給装置と、前記ターゲット供給装置の噴射口に対向して開口する回収口を有して前記金属酸化物を回収するターゲット回収装置と、噴射された前記金属酸化物にレーザ光を照射するレーザ照射装置とを備えていることを特徴とするレーザプラズマX線発生装置。

6. 請求項4において、前記金属酸化物を前記ガスとともに真空容器内に噴射するターゲット供給装置と、前記ターゲット供給装置の噴射口に対向して開口する回収口を有して前記金属酸化物と前記ガスをそれぞれを回収するターゲット回収装置と、前記ターゲット回収装置で回収した前記金属酸化物と前記ガスを分離して前記ターゲット供給装置側に

再供給する手段と、噴射された前記金属酸化物にレーザ光を照射するレーザ照射装置とを備えてあることを特徴とするレーザプラズマX線発生装置。

7. 請求項1において、金属酸化物は、固体または焼結体であることを特徴とするレーザプラズマX線発生装置。

8. 請求項7において、金属酸化物の固体または焼結体をロッド状として真空容器の外から中へ連続的に供給し、かつ、前記真空容器内でレーザ光の照射を受けた部分を前記真空容器の中から外へ連続的に引き出す構成を備えたことを特徴とするレーザプラズマX線発生装置。

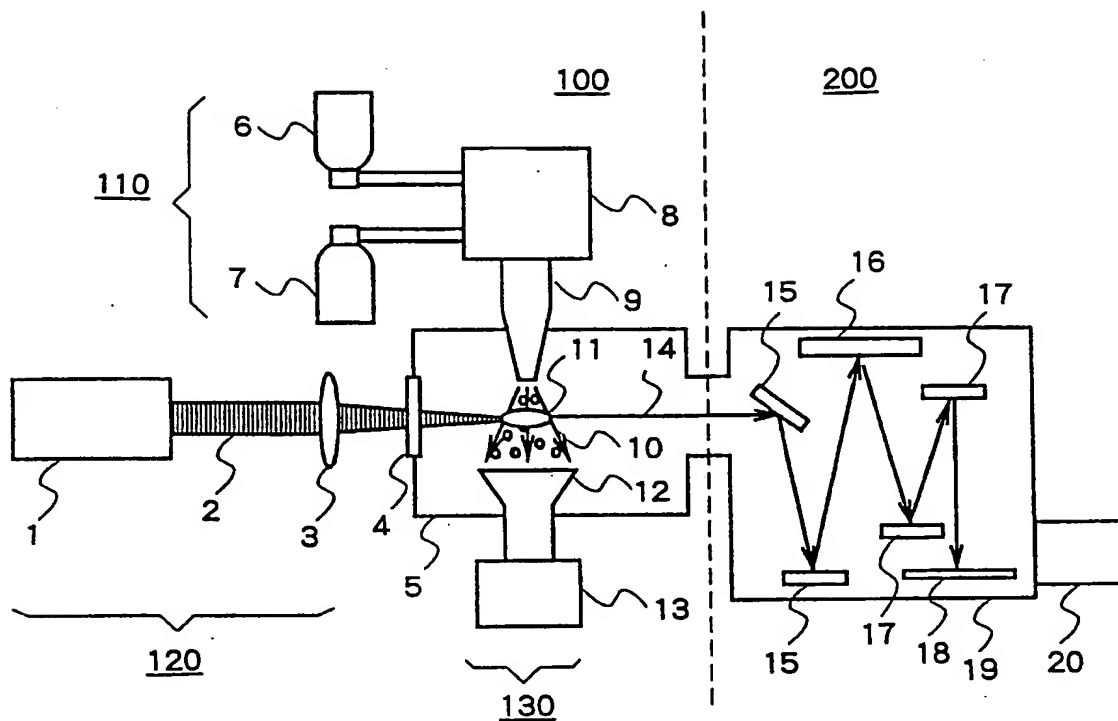
9. 請求項1において、金属酸化物は、粉体状であり、テープ状の基板に塗布して用いることを特徴とするレーザプラズマX線発生装置。

10. 請求項9において、テープ状の基板に粉体状の金属酸化物を塗布する装置と、その金属酸化物が塗布されたテープを連続的にレーザ光の照射領域に供給する装置を有することを特徴とするレーザプラズマX線発生装置。

11. 請求項1から請求項10までのいずれか一項に記載のレーザプラズマX線発生装置と、前記レーザプラズマX線発生装置で発生したX線をマスクに導く集光ミラーと、前記マスクで反射したX線を縮小して半導体ウェハに投影するX線縮小露光ミラーとを備えることを特徴とする半導体露光装置。

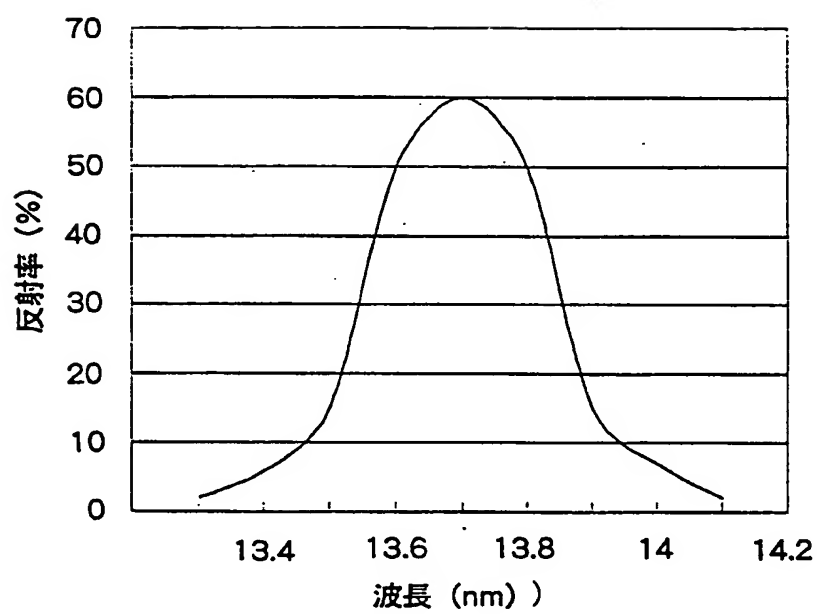
12. レーザ光をターゲットに照射してプラズマを生成させ、そのプラズマからX線を発生させ、その発生したX線をマスクに反射させ、その反射X線を縮小して半導体ウェハに投影して露光する半導体露光方法において、前記ターゲットとして金属酸化物を用いることを特徴とする半導体露光方法。

第1図



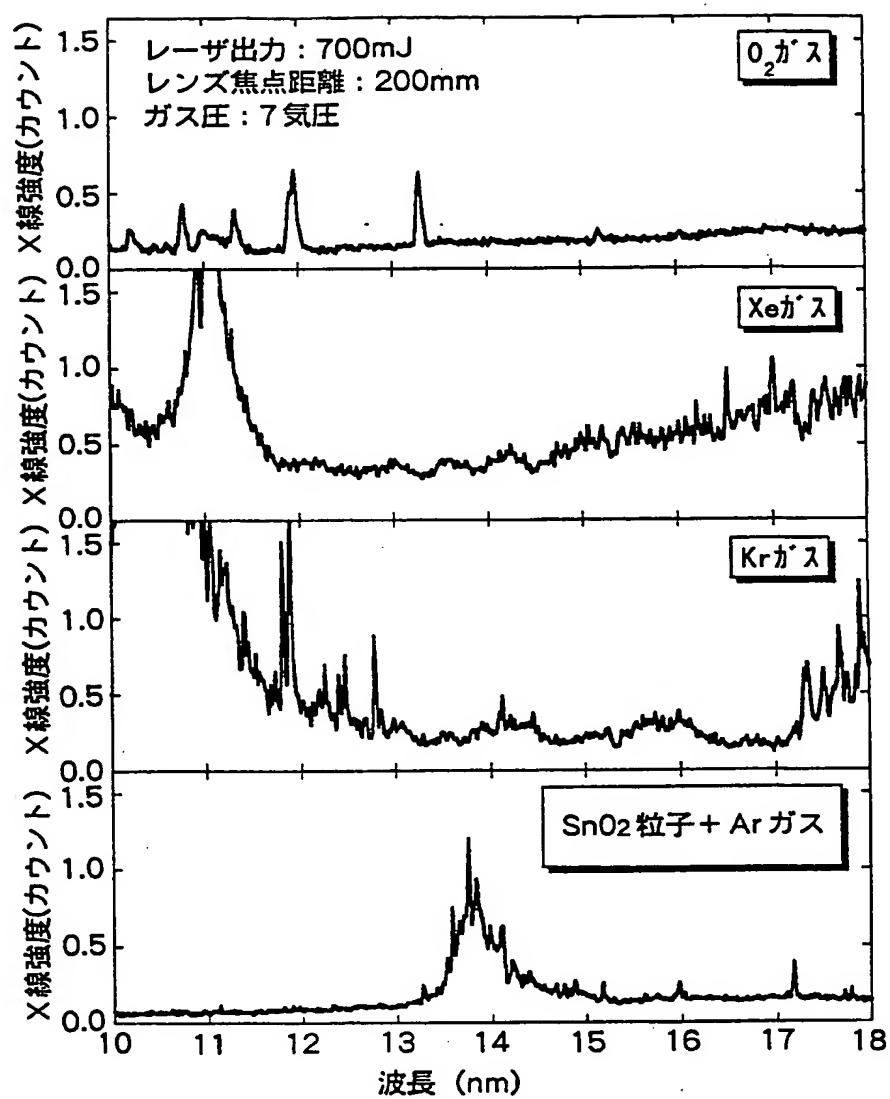
2/7

第2図

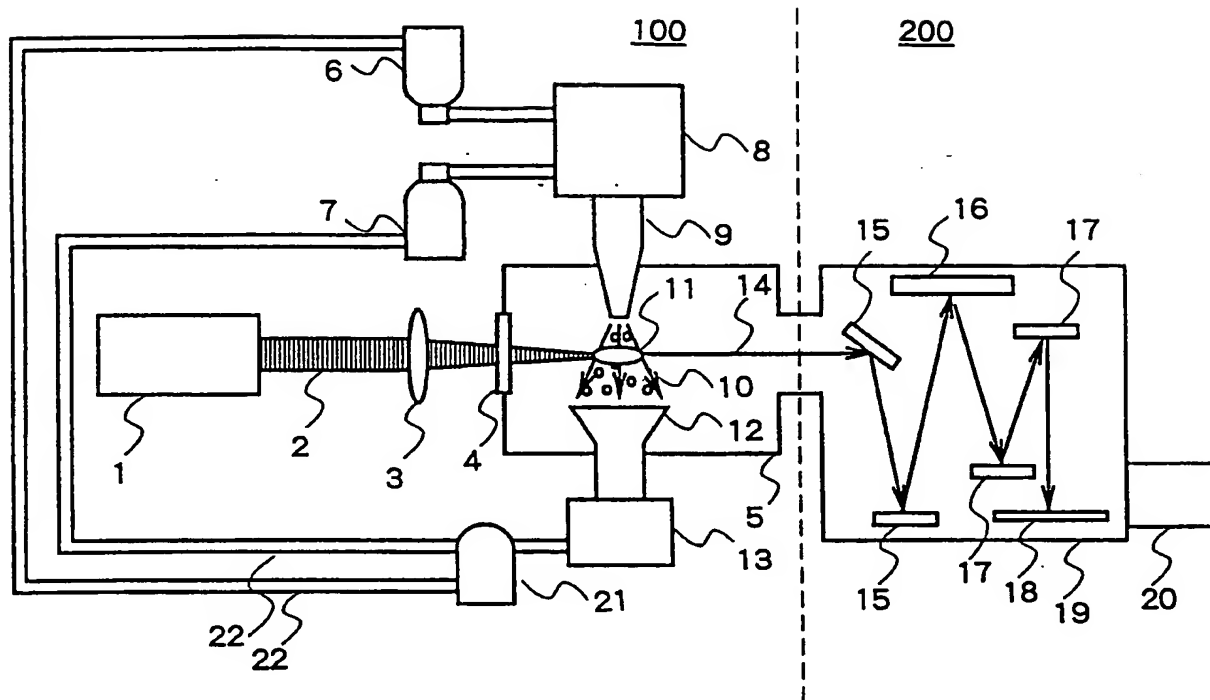


3/7

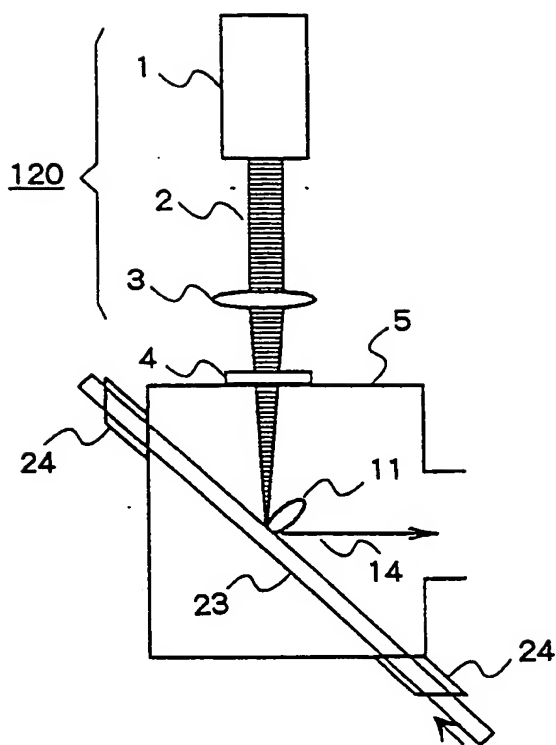
第3図



第4図

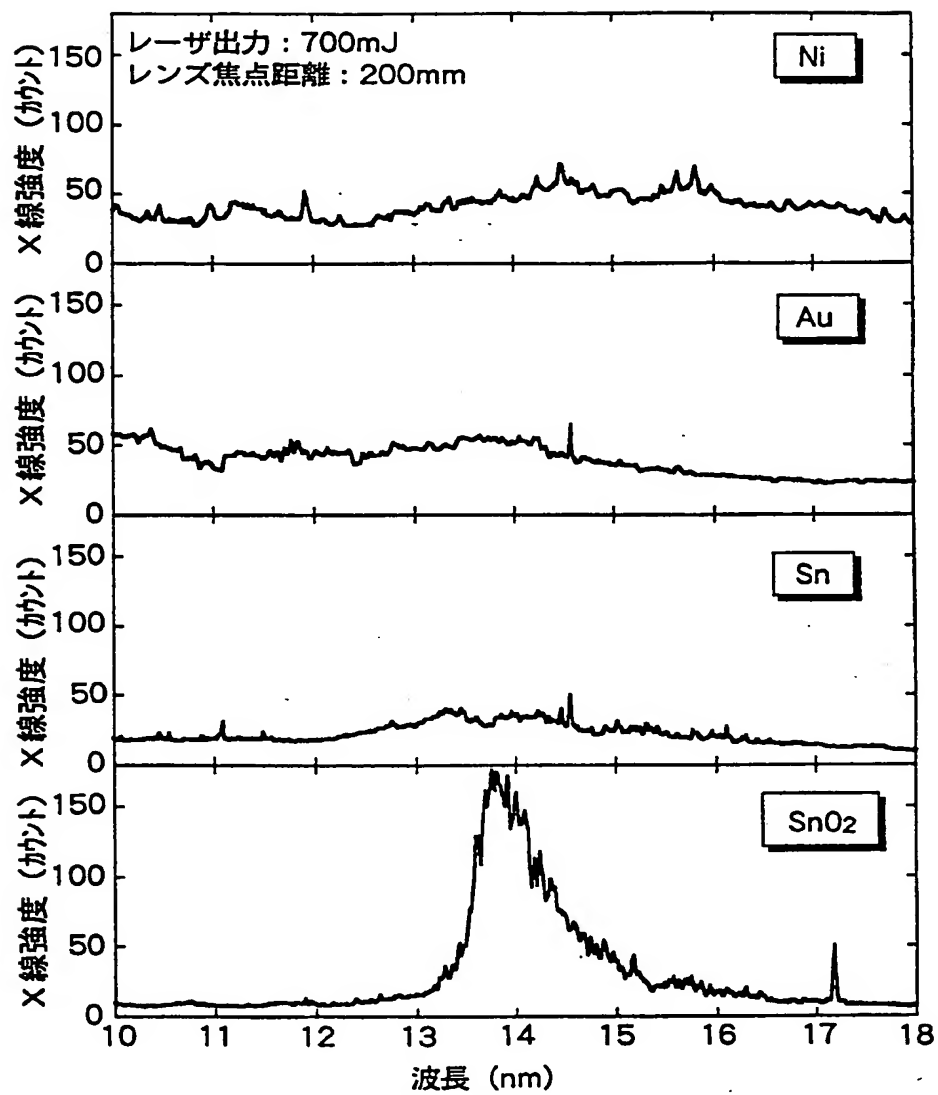


第5図



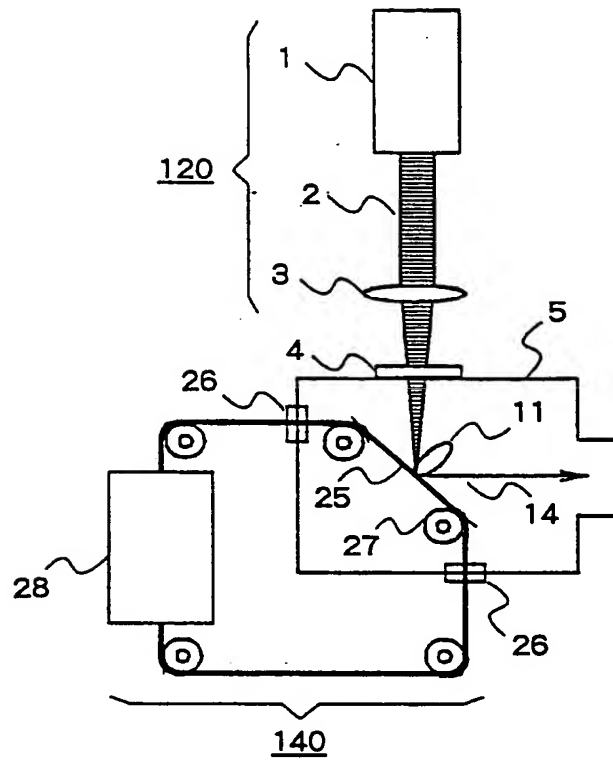
6/7

第6図



7/7

第7図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP98/04338

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁶ H01L21/027, G21K5/02, G21K5/08, G03F7/20, H05G2/00, H01J35/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁶ H01L21/027, G21K5/02, G21K5/08, G03F7/20, H05G2/00, H01J35/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1972-1998

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1972-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 10-221499, A (Hitachi, Ltd.), 21 August, 1998 (21. 03. 98), Page 4, left column, line 47 to page 6, left column, line 46 ; page 7, left column, lines 8 to 16 ; Figs. 1, 7 & EP, 858249, A1 & AU, 5273298, A1	1-6, 11, 12
A	JP, 62-117246, A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 28 May, 1987 (28. 05. 87), Claims (Family: none)	1-12
A	JP 1-6349, A (Hoya Corp.), 10 January, 1989 (10. 01. 89), Claims ; Fig. 1 & GB, 2195070, A	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 December, 1998 (14. 12. 98)

Date of mailing of the international search report
22 December, 1998 (22. 12. 98)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 98/04338

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. cl.⁸ H01L21/027, G21K5/02, G21K5/08, G03F7/20,
H05G2/00, H01J35/22

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. cl.⁸ H01L21/027, G21K5/02, G21K5/08, G03F7/20,
H05G2/00, H01J35/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1972-1998年
日本国公開実用新案公報 1972-1998年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 10-221499, A (株式会社日立製作所) 21. 8 月. 1998 (21. 03. 98), 第4頁左欄第47行-第6頁 左欄第46行, 第7頁左欄第8-16行, 第1図, 第7図&EP, 858249, A1&AU, 5273298, A1	1-6, 11, 12
A	J P, 62-117246, A (工業技術院長) 28. 5月. 19 87 (28. 05. 87), 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-12
A	J P, 1-6349, A (ホーヤ株式会社) 10. 1月. 1989 (10. 01. 89), 特許請求の範囲, 第1図&GB, 2195 070, A	1-12

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリ

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 12. 98

国際調査報告の発送日

22. 12. 98

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

河本 充雄

印

4M

9056

電話番号 03-3581-1101 内線 3464